

DOI: 10.21821/2309-5180-2022-14-4-535-545

TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF COMPUTING MEANS FOR CELESTIAL NAVIGATION

V. A. Sibilev, S. V. Kozik, G. O. Alcybeev

Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping,
St. Petersburg, Russian Federation

The basis for ensuring the navigational safety of a ship is knowing the coordinates of its location at a given point in time. In modern conditions, the coordinates of the ship position in most cases are obtained using the global navigation satellite systems. However, there is a problem when using these systems, namely, failures in receiving navigation information from satellites. The causes of failures are interference to the radio signal of both natural origin and artificial (destructive) origin, caused by the interference of radio suppression equipment. A solution to the problem of detection of destructive interference in the radio channel of the satellite-receiver by using navigation on celestial bodies is proposed. The possibility of using navigation on celestial bodies in modern conditions implies efforts to improve this method and includes a set of measures. Among the set of measures, two directions are distinguished. The first direction is the improvement of the means for measuring the navigation parameters. The second direction is the improvement of the computing tools necessary for calculating the coordinates of the ship position, as well as solving navigational problems of ensuring navigation safety, namely, determining instrument corrections, providing time service on the ship, determining illumination and selection of luminaries for observation. The second direction of improving the navigation of the celestial bodies, namely, the identification of the trend in the development of computing means of navigation on the celestial bodies is considered in the paper. As a result of the work, the general trend of the global market which can be used to judge the growth and popularization of the maritime industry, is presented; the uneven development of the functionality of the presented programs is revealed; the advantages and disadvantages of this phenomenon are described. As confirmation of the growing relevance, reports of the international analytical organizations indicating the growth of the marine radio electronics market by 8.1 % per year until 2025 are cited.

Keywords: safety of navigation, GPS interference, means for positioning, celestial navigation, electronic sextant, electronic nautical almanac.

For citation:

Sibilev, Vadim A., Sergey V. Kozik, and Gleb O. Alcybeev. "Trends in the development of computing means for celestial navigation." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 14.4 (2022): 535–545. DOI: 10.21821/2309-5180-2022-14-4-535-545.

УДК 527.62

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СРЕДСТВ НАВИГАЦИИ ПО НЕБЕСНЫМ СВЕТИЛАМ

В. А. Сибилев, С. В. Козик, Г. О. Алцыбейев

ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова»,
Санкт-Петербург, Российская Федерация

Предметом настоящего исследования является основной вопрос обеспечения навигационной безопасности плавания судна — знание координат местоположения судна на заданный момент времени. Отмечается, что в современных условиях координаты места судна в большинстве случаев получаются при помощи глобальных навигационных спутниковых систем. Однако проблемой при использовании этих систем служат сбои в приеме навигационной информации от спутников, причиной которых являются помехи радиосигналу как естественного, так и искусственного (деструктивного) происхождения, вызванные вмешательством средств радиоподавления. Предложено решение проблемы (выявление факта деструктивного вмешательства в радиоканал спутник — приемоиндикатор) путем применения навигации по небесным светилам. Возможность использования такого рода навигации в современных условиях предполагает усилия, направленные на совершенствование данного способа, включая комплекс мер. Среди них выделяются два направления: первое направление предполагает совершенствование средств измерения навигационного параметра, второе —

совершенствование вычислительных средств, необходимых для расчета координат места судна, а также решения следующих навигационных задач обеспечения навигационной безопасности плавания: определение поправок приборов, обеспечение службы времени на судне, а также определение освещенности и подбор светил для обсервации. Данная работа посвящена второму направлению совершенствованию навигации по небесным светилам, а именно выявлению тенденции развития вычислительных средств навигации по небесным светилам. В результате проведенного исследования была показана общая тенденция глобального рынка, по которой можно судить о росте и популяризации морской отрасли, выявлено неравномерное развитие функционала представленных программ, описаны преимущества и недостатки данного явления. В качестве подтверждения роста актуальности были приведены отчеты международных аналитических организаций, говорящие о росте рынка морской радиоэлектроники на 8,1 % в год до 2025 года.

Ключевые слова: безопасность плавания, сбой спутниковых систем, вычислительные средства навигации по небесным светилам, астронавигация, мореходная астрономия, электронный сектант, электронный морской альманах.

Для цитирования:

Сибилев В. А. Тенденции развития вычислительных средств навигации по небесным светилам / В. А. Сибилев, С. В. Козик, Г. О. Алцыбеев // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2022. — Т. 14. — № 4. — С. 535–545. DOI: 10.21821/2309-5180-2022-14-4-535-545.

Введение (Introduction)

Основой обеспечения навигационной безопасности плавания судна является знание координат местоположения судна на заданный момент времени. В современных условиях координаты места судна получают в основном при помощи глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС). С 2019 г. наблюдается недостаточная помехозащищенность глобальных навигационных спутниковых систем. Современные транспортные средства и системы управления транспортными потоками невозможны без ГНСС. Большинство жителей Земли пользуются ГНСС в повседневной жизни. В вооруженных силах боевые платформы (самолеты, корабли, танки и т. п.) и высокоточное оружие получают координатно-временную информацию от ГНСС, которые не всегда дают возможность потребителям получать координаты непрерывно и без искажений [1].

Наиболее вредоносными являются опасности искусственного характера [2], а именно деструктивные радиоэлектронные воздействия (ДРЭВ) на канал связи *спутник — приемоиндикатор*. ДРЭВ может быть представлен в виде подмены сигнала (GPS spoofing) и в виде заглушения сигнала (GPS jamming). Актуальность проблемы подтверждается фактом создания специальных служб правительствами Соединенных Штатов Америки¹ и Великобритании², размещающих информацию о текущих и запланированных перебоях в работе ГНСС. Сайт американского правительства также включает портал³ для сообщений о любых подозреваемых сбоях в работе ГНСС.

Проблема из научной области перешла в общественно-публичную и отображается в авторитетных международных новостных изданиях. Поэтому, для обеспечения безопасности целесообразно иметь на борту судна альтернативные способы для получения координат места судна [3]. В качестве альтернативных не следует рассматривать радиотехнические так как они подвержены влиянию схожих опасностей. Предлагается решение проблемы путем получения координат места по наблюдению небесных светил. Для применения данного способа необходимо совершенствование средств измерения навигационного параметра и вычислительных средств, обеспечивающих преобразование измеренных параметров в координаты места судна. Направления исследований по совершенствованию средств измерения представлены в работе [4].

Целью данной работы является выявление тенденций в развитии вычислительных средств навигации по небесным светилам.

¹ Портал правительства Соединенных Штатов Америки для размещения расписания учений по применению GPS jamming [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.gps.gov/support/user/> (дата обращения: 10.06.2022).

² Портал правительства Великобритании для размещения расписания учений по применению GPS jamming. <https://www.ofcom.org.uk/spectrum/> (дата обращения: 10.06.2022).

³ Портал правительства США для сообщения о любых подозреваемых сбоях в работе ГНСС. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.navcen.uscg.gov/?Do=GPSReportStatus/> (дата обращения: 10.06.2022).

Методы и материалы (Methods and Materials)

Для выявления тенденции был выполнен поиск научной литературы, описывающей развитие навигации по небесным светилам, результаты которого были систематизированы в соответствии с конкретным средством навигации и используемых для него вычислительных средств навигации, и на их основе выполнен сравнительный анализ.

Результаты (Results)

В процессе исследования был выполнен обзор ежегодно выпускаемой специальной литературы, предназначенной для решения задач мореходной астрономии, в виде таблиц, описывающих положения навигационных светил:

1. The Nautical Almanac — официальная серия ежегодных британских альманахов, издаваемых под разными названиями. Считается одним из самых полных в мире источников информации для астрономической навигации. В издании положения светил определены для каждого целого часа. Положения 57 выбранных звезд указаны относительно Первой точки Овна.

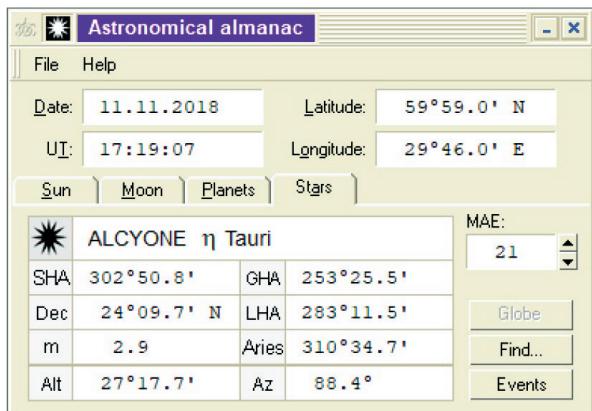
2. Морской астрономический ежегодник (NAY, in Russian) — российский аналог, ежегодно издаваемый Институтом прикладной астрономии Российской академии наук, основу которого составляют ежедневные видимые геоцентрические экваториальные эфемериды ярких навигационных светил: Солнца, Луны, четырех больших планет (Венеры, Марса, Юпитера, Сатурна) и 69 наиболее ярких звезд, а также моменты восходов и заходов Солнца и Луны, начала и конца гражданских и навигационных сумерек, азимуты верхнего края Солнца на восходе и заходе. Все эти эфемериды, а также ежемесячные эфемериды 160 звезд и таблицы Полярной таблицы в совокупности с интерполяционными таблицами, модифицированной таблицей высот и азимутов светил ТВА-57 и рядом вспомогательных таблиц позволяют решать основные штурманские задачи методами классической мореходной астрономии без привлечения дополнительных пособий.

3. Éphémérides Nautiques — французские таблицы, издаваемые французским Bureau des Longitudes.

При этом в условиях развития цифровых технологий появляется большое количество цифровых альтернатив классическим печатным альманахам.

1. *Astronomical Almanac из программного пакета для мореходной астрономии Astronomy Package* (разработчик Alcysoft, операционная система Windows XP/7/8/8.1/10). Программа Astronomical Almanac предназначена для расчета экваториальных и горизонтальных координат светил и других вспомогательных величин, используемых в мореходной астрономии. Данная программа полностью заменяет The Nautical Almanac, а также ее аналоги, превосходя их по функционалу. В ней имеется возможность расчета параметров всех планет Солнечной системы и 9096 из Йельского каталога ярких звезд. Примеры пользовательского интерфейса программы приведены на рис. 1.

а)



б)

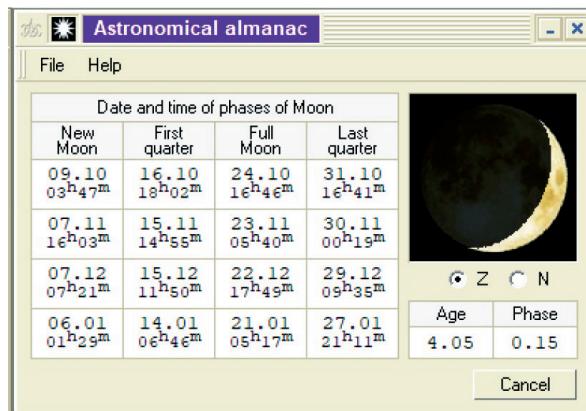


Рис. 1. Примеры пользовательского интерфейса программы Astronomical Almanac:
а — каталог навигационных светил; б — каталог для определения фазы Луны

Кроме того, необходимо отметить, что программный пакет Astronomy Package является наиболее полным программным решением для автоматизации решения задач мореходной астрономии. Помимо программы Astronomical almanac в пакет входят такие программы, как StarFinder, Position, Astroblank, Sunrise, Tables of Altitudes and Azimuths, Calendarium, Geodetic datum и две версии Auxiliary Celestial Sphere.

2. *Nautical Almanac* и *Nautical Almanac Pro* (разработчик Alcysoft, операционная система Android). Программа Nautical Almanac предназначена для расчета экваториальных и горизонтальных координат Солнца, Луны, навигационных планет и звезд — параметров, которые необходимы для решения задач мореходной астрономии. Эта программа полностью заменяет The Nautical Almanac и его аналоги. Примеры пользовательского интерфейса программы приведены на рис. 2.

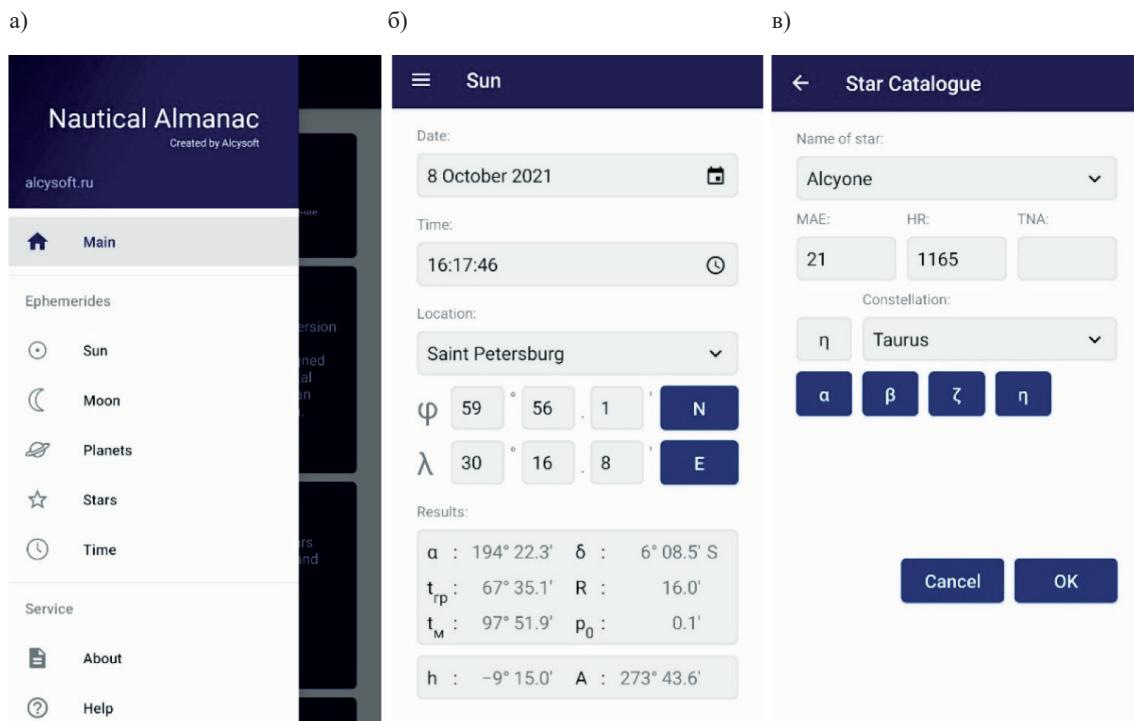


Рис. 2. Примеры пользовательского интерфейса программы Nautical Almanac:
 а — меню программы; б — рабочая область для расчета параметров Солнца;
 в — каталог навигационных звезд

3. *Astro Calculator* (разработчик DBG Nautical, операционная система Android). Эта программа, являясь мощным «астрокалькулятором», представляет собой профессиональный и стратегический инструмент, позволяющий определять астронавигационные параметры. Несмотря на удобный «user-friendly» интерфейс, при заполнении исходных данных вероятность допустить механическую ошибку достаточно высока, ввиду того, что после ввода необходимых исходных параметров необходимо нажать кнопку «расчитать», и если параметры заданы неверно, то расчет не будет выполнен. В то же время в Astronomical Almanac и Nautical Almanac by Alcysoft возможность допуска механической ошибки исключена, ошибки исправляются автоматически так же, как и вычисление необходимых параметров.

В данной программе отсутствует возможность вычислений следующих астрономических параметров: прямое восхождение, склонение, угловой радиус светила, параллакс, звездная видимая величина, звездное дополнение. В ней отсутствует возможность перевода времени в различные системы: гринвичское время, судовое время, местное время, звездное гринвичское время, звездное местное время, гринвичский часовой угол точки Овна, местный часовой угол точки Овна, а также малое количество звезд, с которыми можно работать. Примеры пользовательского интерфейса приведены на рис. 3.

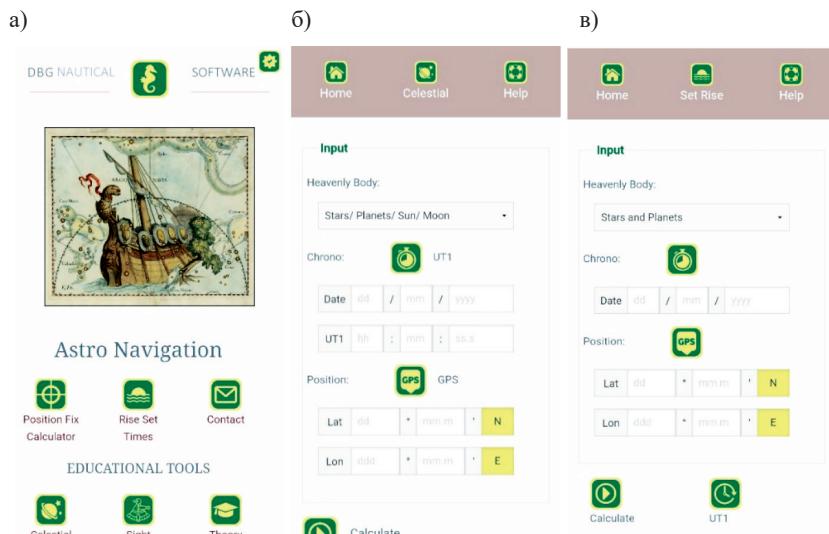


Рис. 3. Примеры пользовательского интерфейса программы Astro Calculator: а — меню программы; б — каталог навигационных светил; в — рабочая область для расчета времени восхода Солнца

4. *Nautical Calculator* (разработчик Giacomo Gabriele, операционная система Android). Данная программа является наиболее полным приложением, которое решает навигационные задачи. Тем не менее в ней отсутствует возможность вычисления следующих астрономических параметров: прямое восхождение, угловой радиус светила, параллакс, звездная видимая величина, звездное дополнение. В программе отсутствует возможность перевода времени в различные системы: гринвичское время, судовое время, местное время, звездное гринвичское время, звездное местное время, гринвичский часовой угол точки Овна, местный часовой угол точки Овна, а также малое количество звезд, с которыми можно работать. Примеры пользовательского интерфейса программы Nautical Calculator приведены на рис. 4.

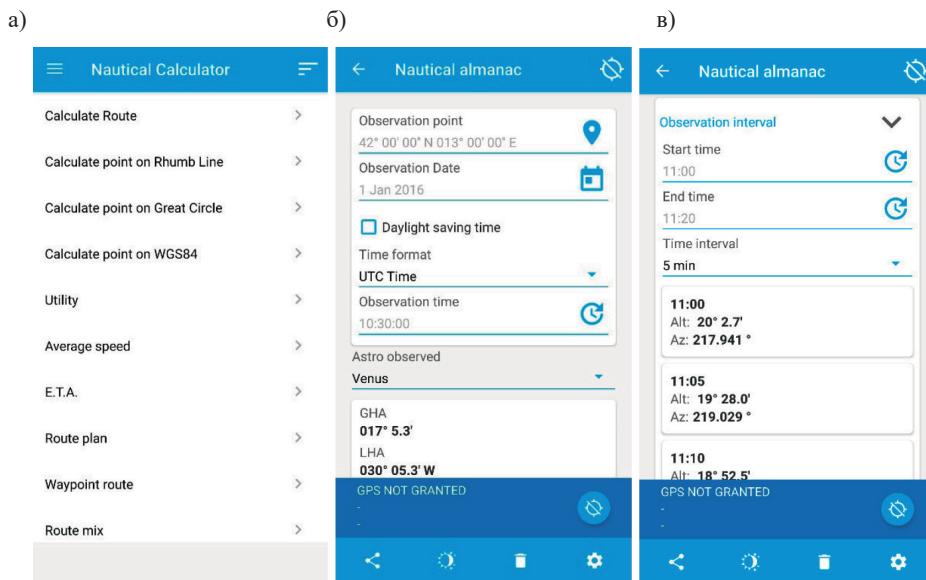


Рис. 4. Примеры пользовательского интерфейса программы Nautical Calculator: а — меню программы; б — рабочая область для расчета координат места; в — продолжение рабочей области для расчета координат места

5. *Nautical Astronomy* (разработчик Navigational Algorithms, операционная система Android). Программа рассчитывает высоту Полярной звезды и Солнца, но в ней неудобный интерфейс. Функционал программы заканчивается на расчете высоты Полярной звезды и Солнца. Вычисления

осуществляются с большой погрешностью (порядка 3'), что является непригодным даже для любительских расчетов. Примеры пользовательского интерфейса приведены на рис. 5.

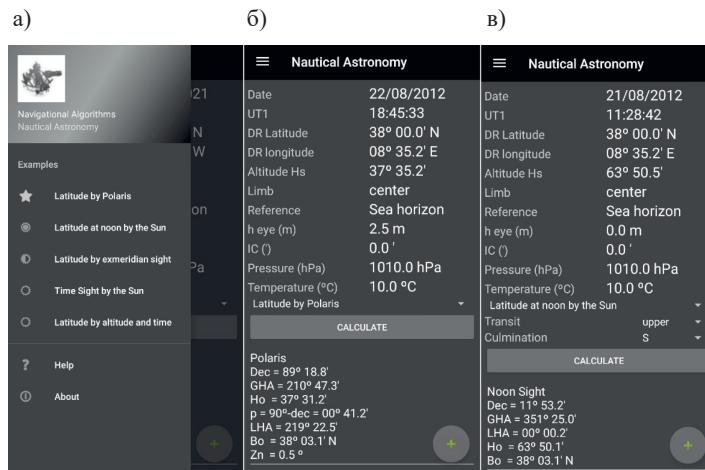


Рис. 5. Примеры пользовательского интерфейса программы Nautical Astronomy:
 а — меню программы; б — рабочая область для расчета координат места;
 в — продолжение рабочей области для расчета координат места

6. *Nautical Almanac* (разработчик Максим Скрипкин, операционная система Android). Программа вычисляет азимут, высоту и другие параметры для Солнца, Луны, основных навигационных звезд и навигационных планет: Венеры, Марса, Юпитера и Сатурна. В ней отсутствует возможность перевода времени в различные системы: гринвичское время, судовое время, местное время, звездное гринвичское время, звездное местное время, гринвичский часовой угол точки Овна, местный часовой угол точки Овна, а также в ней можно работать с малым количеством звезд. В ней отсутствует возможность вычисления следующих астрономических параметров: прямое восхождение, склонение, угловой радиус светила, параллакс, звездная видимая величина, звездное дополнение. Программа обладает низкой точностью вычислений. Примеры пользовательского интерфейса приведены на рис. 6.

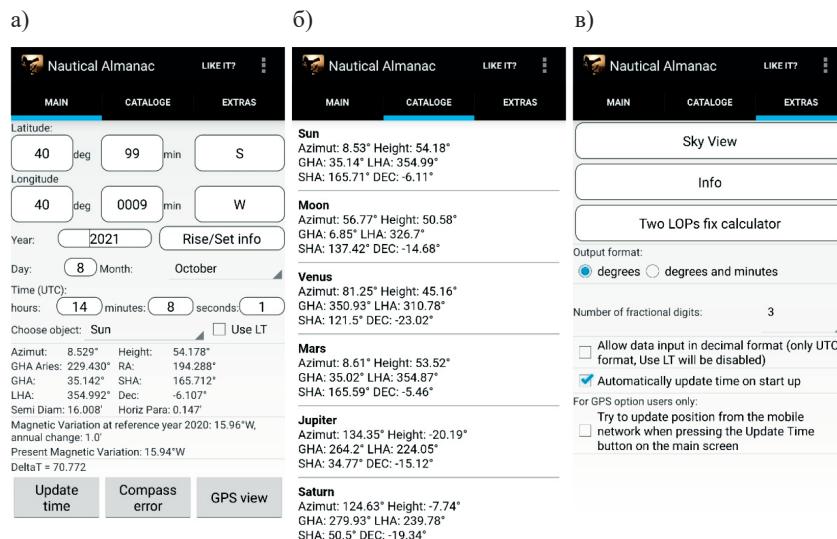


Рис. 6. Примеры пользовательского интерфейса программы Nautical Almanac: а — рабочая область ввода данных; б — каталог выбора завершенных измерений; в — рабочая область для вывода данных

7. *Астрономический альманах* (разработчик Игорь Бровин, операционная система Android). Программа вычисляет положение объектов солнечной системы, их восход и закат на заданное время и место, а также время наступления лунных фаз и лунных дней. В данной программе отсутствует возможность перевода времени в различные системы: гринвичское время, судовое время, местное

время, звездное гринвичское время, звездное местное время, гринвичский часовой угол точки Овна, местный часовой угол точки Овна, а также возможность работы с навигационными звездами и вычисления следующих астрономических параметров: углового радиуса светила, параллакса, звездной видимой величины, звездного дополнения. Программа обладает низкой точностью вычислений. В целом она рассчитана, скорее, на астрономов-любителей, но не предназначена для профессионального использования. Примеры пользовательского интерфейса приведены на рис. 7.

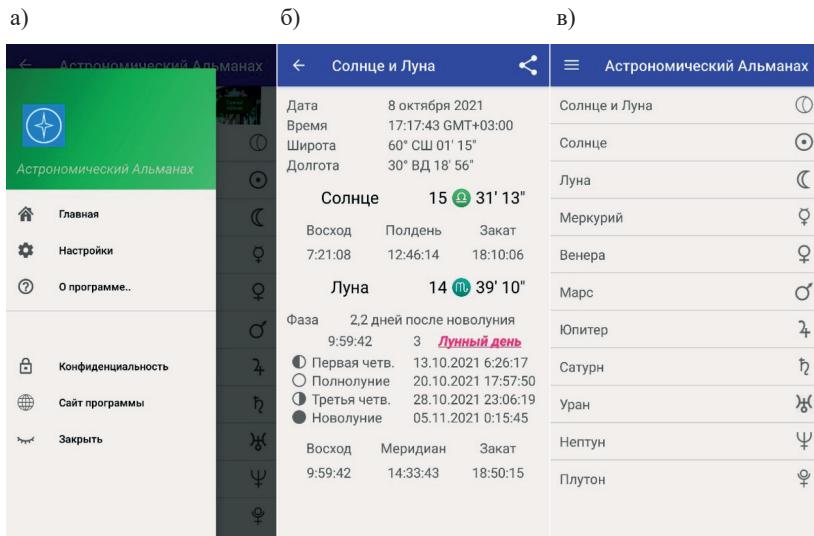


Рис. 7. Примеры пользовательского интерфейса программы «Астрономический альманах by»:
а — меню программы; б — рабочая область для расчета параметров Солнца и Луны;
в — каталог навигационных светил

8. Электронный альманах MAE (разработчик Андрей Яновский, операционная система Windows XP/7/8/8.1/10). Программа вычисления гринвичского звездного времени и экваториальных координат Солнца и навигационных звезд. В программе имеются системные ошибки — в ней отсутствует возможность перевода времени в различные системы: гринвичское время, судовое время, местное время, звездное гринвичское время, звездное местное время, гринвичский часовой угол точки Овна, местный часовой угол точки Овна, а также возможность работы с навигационными планетами и возможность работы с Луной. Низкая точность вычислений.

9. Интерактивная система удаленного доступа для морской астронавигации «Штурман» (разработчик Институт прикладной астрономии Российской академии наук). Программа выполнена в виде web-приложения, работает только при наличии сети Internet и только через браузер. Доступна только на русском языке.

10. Астронавигационная система *Celestial Navigation System (CNS)*. Разработчик Alcysoft. Конечный продукт будет представлять из себя программное обеспечение для операционной системы Windows XP/7/8/8.1/10. Программа будет автоматизировать все расчеты во всех возможных задачах астрономической навигации на море и служить резервным навигационным способом, дополняя глобальные навигационные спутниковые системы. Программный продукт в основной рабочей области будет содержать планшет астронавигационной обстановки и различные панели управления сверху и сбоку.

В разрабатываемом программном обеспечении будут использованы следующие возможности и инструменты: динамическая карта звездного неба; возможность опознания светил по высоте и азимуту; расчет положения объектов солнечной системы и любых наблюдаемых звезд (не только перечисленных в Морском астрономическом ежегоднике или других печатных аналогах) на небесной сфере, расчет их времени восхода и захода в заданном месте; расчет экваториальных и эклиптических координат этих светил; расчет лунных фаз и лунных дней; расчет уравнения времени; расчет параллаксов Солнца, Луны и планет; расчет времени кульминации Солнца, Луны и планет; расчет азимутов восходов и заходов Солнца и Луны, расчет видимых радиусов Солнца и Луны; расчет

времени наступления и окончания утренних и вечерних навигационных и гражданских сумерек; расчет поправок за фазу Венеры; расчет горизонтальных координат светил; расчет солнечных и лунных затмений в любой точке Земли; автоматический расчет координат места по линиям положения способами Гаусса, В. В. Каврайского [5] и Груздева Н. М. [6].

Программа может быть интегрирована в существующие системы, такие как Электронно-картографическая навигационно-информационная система (ЭКНИС) и т. п., или может быть использована в качестве самостоятельного программного обеспечения. Примеры пользовательского интерфейса приведены на рис. 8.

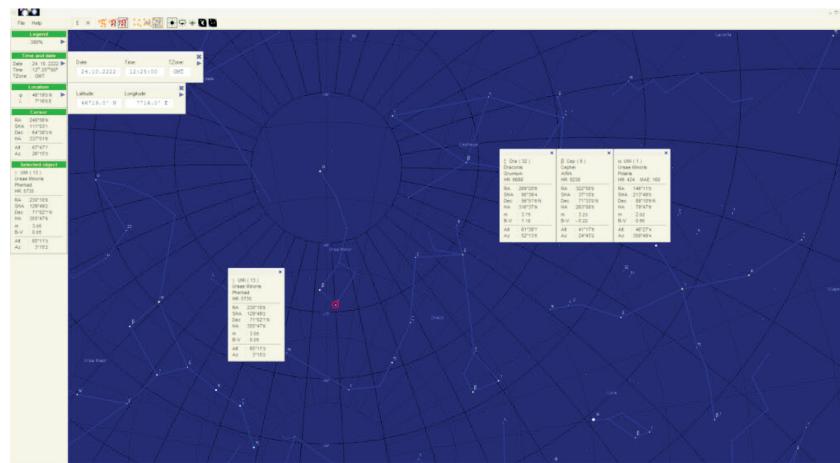


Рис. 8. Пример пользовательского интерфейса программы Celestial Navigation System

11. Астронавигационная система «Навигатор» (разработчик Институт прикладной астрономии Российской академии наук). Данная система находится в разработке. Она будет не только предоставлять пользователю эфемеридные данные, являясь электронной версией «Морского астрономического ежегодника» (МАЕ) [7] повышенной точности (до 0.01'), но и решать типовые задачи морской астронавигации, связанные с определением места судна (ОМС) и поправкой компаса (ОПК). Планируется, что данная система будет иметь характеристики, приведенные на рис. 9.

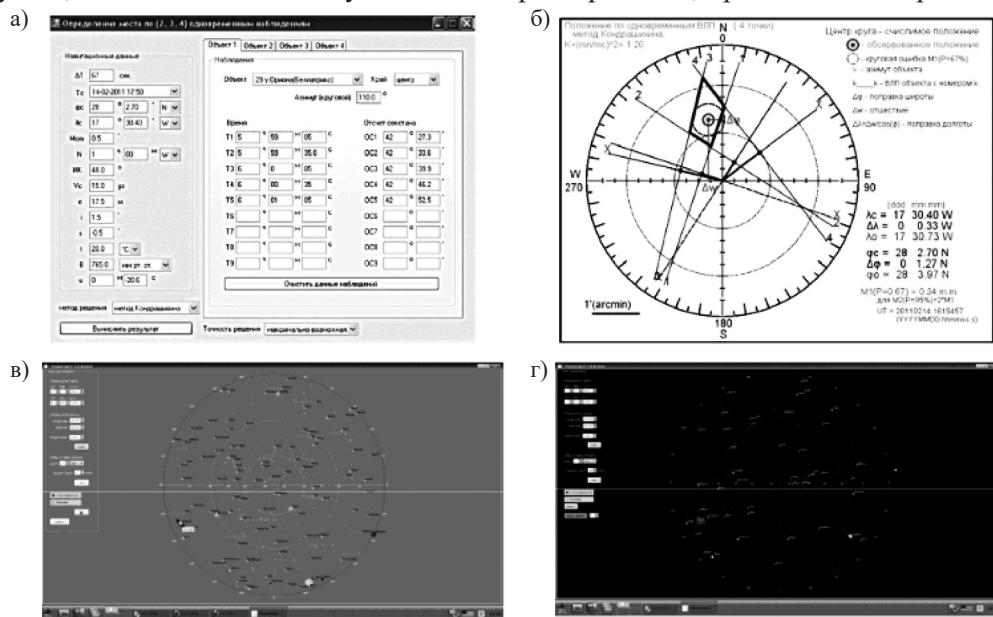


Рис. 9. Примеры пользовательского интерфейса программы «Навигатор»:

а — вид панели для ввода навигационной информации и измерений высот;

б — графический вывод решения задачи определения места судна по высотам четырех звезд;

в — пример режима по выбору светил «планетарий»; г — пример режима выборки четырех опорных звезд

12. *STARPILOT TI-89 Navigation Computer*. Навигационный компьютер STARPILOT TI-89¹ включает программы для навигации по небесным светилам и для прибрежной навигации. Линии положения могут отображаться графически. Включена процедура настройки магнитного компаса относительно направления тени от Солнца. Программа расчета предварительно установлена с использованием калькулятора TI-T89 в качестве платформы и готова к работе.



Рис. 10. Навигационный компьютер STARPILOT TI-89

Астрономические расчеты при помощи калькулятора выполняются быстрее, проще и результаты являются более точными, чем это возможно с использованием методов с таблицами и графиками. Использование калькуляторов в работе является также более удобным, чем использование обычного программного обеспечения для ПК, так как их, безусловно, легче защитить в море (рис. 10).

Обсуждение (Discussion)

Анализ содержательных параметров описанных вычислительных средств навигации по небесным светилам позволяет сделать вывод о том, что многие факторы указывают на рост отраслей, связанных с мореплаванием, включая в том числе совершенствование средств навигации. Это связано в том числе с развитием информационных технологий, программного обеспечения и морской электроники, рынок которой в мире был оценен в 2018 г. на сумму 3.980 млрд долл. США, и, по оценкам специалистов, вырастет в 2019–2025 гг. в среднем на 8,10 %. [8].

За прошедшие пять лет наблюдается повышенный интерес к применению астрономической информации для навигации [9], ведутся научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы в области модернизации классических моделей навигационных секстанов [10], разрабатывается различное программное обеспечение².

Выводы (Summary)

Проведенный обзорный анализ позволяет сделать следующие выводы:

1. Все программные продукты были созданы в течение прошедшего десятилетия, в период времени, когда навигация по небесным светилам не столь широко использовалась при решении задач по обеспечению навигационной безопасности плавания судна.

2. Рассмотрены программные средства, представляющие функционал астрономических альманахов, издаваемых в виде печатных изданий и в цифровом виде. Они позволяют упростить процесс расчета эфемерид навигационных светил для заданных координат места и времени.

¹ Платформа для распространения навигационных инструментов [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.celestaire.com/product/starpilot-ti-t89-calculator-with-program>.

² Пат. 205202 Российская Федерация, МПК G01C 1/08. Электронный секстан / В. А. Сибилев, Г. О. Алцы-беев, С. В. Козик; заяв. и патентообр. В. А. Сибилев, Г. О. Алцыбеев, Г. О. Алцыбеев. — № 2020614451; заявл. 23.11.2020; опубл. 02.07.2021, Бюл. № 19.

3. Недостаточно распространены программы с функционалом для решения навигационных задач обеспечения навигационной безопасности плавания по небесным светилам, таких как расчет координат места, определение поправок приборов, обеспечение службы времени, определение освещенности, кульминаций светил.

4. Программы предназначены для работы на универсальных устройствах: персональных компьютерах или смартфонах. Это дает преимущества в виде мобильности, независимости от ограничений аппаратных средств и недостатков в виде ручного ввода и вывода данных, что приводит к случайным ошибкам, увеличению времени и снижению эффективности используемого способа.

5. В современных условиях навигация по небесным светилам становится более актуальной, что определяет новые задачи в развитии вычислительных средств. Отмечается перспективность направления развития вычислительных средств в виде их соединения со средствами измерения навигационных параметров в едином навигационном приборе (например, электронном секстане или фотосекстане), что позволит устранить существующие недостатки в виде ручного ввода / вывода данных и повысить эффективность применения навигации по небесным светилам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пешехонов В. Г. Высокоточная навигация без использования информации глобальных навигационных спутниковых систем / В. Г. Пешехонов // Гирокопия и навигация. — 2022. — Т. 30. — № 1 (116). — С. 3–11.
2. Якушенко С. А. Проблемы навигационной безопасности аппаратуры спутниковой навигации / С. А. Якушенко // Научная сессия ГУАП. Сборник докладов научной сессии, посвященной Всемирному дню авиации и космонавтики — СПб.: СПб. ГУАП, 2019. — С. 224–226.
3. Козик С. В. Способ измерения высоты светила по цифровой фотографии небосвода / С. В. Козик, С. А. Захаров, В. А. Сибилев // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. — 2021. — Т. 64. — № 5. — С. 412–421. DOI: 10.17586/0021–3454–2021–64–5–412–421.
4. Козик С. В. К вопросу применения современных технических средств определения координат места судна по небесным светилам / С. В. Козик, В. А. Сибилев // Морская радиоэлектроника. — 2021. — № 2 (76). — С. 18–21.
5. Каврайский А. В. Уточненные зависимости между географическими и квазигеографическими координатами с учетом сфероидичности Земли / А. В. Каврайский // Навигация и гидрография. — 2015. — № 40. — С. 39–50.
6. Груздев Н. М. Безопасность плавания / Н. М. Груздев. — СПб.: СПбВМИ, 2002. — 325 с.
7. Астрономический ежегодник СССР на 1986 год. — Л.: Наука, 1984. — Т. 65. — 691 с.
8. Safety and Shipping Review 2020: An Annual Review of Trends and Developments in Shipping Losses and Safety. — Munich, Germany: Allianz Global Corporate & Specialty Se, 2020. — 52 p.
9. Милерис Л. Л. Обоснование необходимости использования на морских судах астронавигационных систем / Л. Л. Милерис [и др.]. // Вестник молодежной науки. — 2020. — № 1 (23). — С. 12–21.
10. Козик С. В. Концепция навигационного прибора «Электронный секстан» / С. В. Козик, В. А. Сибилев, Г. О. Алцыбеев // Морской Вестник. — 2020. — № 4 (76). — С. 116–118.

REFERENCES

1. Peshekhanov, V. G. “High-precision navigation independently of global navigation satellite systems data.” *Gyroscopy and navigation*. 30.1(116) (2022): 3–11.
2. Yakushenko, S. A. “Navigation safety problem of navigation safety system.” *Nauchnaya sessiya GUAP. Sbornik dokladov nauchnoi sessii, posvyashchennoi Vsemirnomu dnyu aviatsii i kosmonavtiki*. SPb.: Sankt-Peterburgskii gosudarstvennyi universitet aerokosmicheskogo priborostroeniya, 2019. 224–226.
3. Kozik, S. V., S. A. Zakharov, and V. A. Sibilev. “Method for Measuring a Celestial Body Height from the Sky Digital Photograph.” *Journal of Instrument Engineering* 64.5 (2021): 412–421. DOI: 10.17586/0021–3454–2021–64–5–412–421.
4. Kozik, S. V., and V. A. Sibilev. “On the issue of using modern technical means for determining the coordinates of a ship’s position by celestial bodies.” *Marine Radioelectronics* 2(76) (2021): 18–21.

5. Kavraisky, A. V. "Refined dependencies between geographic and quasi-geographic coordinates, taking into account the spheroidity of the Earth." *Navigation and hydrography* 40 (2015): 39–50.
6. Gruzdev, N. M. *Bezopasnost' plavaniya*. SPb.: SPbVMI, 2002.
7. *Astronomicheskii ezhegodnik SSSR na 1986 god*. Vol. 65. L.: Nauka, 1984.
8. *Safety and Shipping Review 2020: An Annual Review of Trends and Developments in Shipping Losses and Safety*. Munich, Germany: Allianz Global Corporate & Specialty Se, 2020.
9. Mileris, L. L., E. V. Mulina, V. S. Sidorenko, N. O. Kirillov, and S. V. Ermakov. "Substantiation of the need to use the astronavigation system in marine vessels." *Vestnik molodezhnoi nauki* 1(23) (2020): 12–21.
10. Kozik, S.V., V. A. Sibilev, and G. O. Altsybeev. "Kontseptsiya navigatsionnogo pribora «Elektronnyi sekstan»." *Morskoi Vestnik* 4(76) (2020): 116–118.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Сибileв Вадим Алексеевич — аспирант
Научный руководитель:
 Козик Сергей Викторович
 ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала
 С. О. Макарова»
 198035, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург,
 ул. Двинская, 5/7
 e-mail: *Sibilevv01@mail.ru, kaf_svvp@gumrf.ru*
Козик Сергей Викторович —
 кандидат военных наук, профессор
 ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала
 С. О. Макарова»
 198035, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург,
 ул. Двинская, 5/7
 e-mail: *koserbik@mail.ru, kaf_svvp@gumrf.ru*
Алцыбеев Глеб Олегович — техник
 ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала
 С. О. Макарова»
 198035, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург,
 ул. Двинская, 5/7
 e-mail: *gleb.alcybeev@gmail.com*

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Sibilev, Vadim A. — Postgraduate
Supervisor:
 Kozik, Sergey V.
 Admiral Makarov State University of Maritime
 and Inland Shipping
 5/7 Dvinskaya Str., St. Petersburg, 198035,
 Russian Federation
 e-mail: *Sibilevv01@mail.ru, kaf_svvp@gumrf.ru*
Kozik, Sergey V. —
 PhD, professor
 Admiral Makarov State University of Maritime
 and Inland Shipping
 5/7 Dvinskaya Str., St. Petersburg, 198035,
 Russian Federation
 e-mail: *koserbik@mail.ru, kaf_svvp@gumrf.ru*
Alcybeev, Gleb O. — Technician
 Admiral Makarov State University of Maritime
 and Inland Shipping
 5/7 Dvinskaya Str., St. Petersburg, 198035,
 Russian Federation
 e-mail: *gleb.alcybeev@gmail.com*

Статья поступила в редакцию 14 июня 2022 г.

Received: June 14, 2022.